

540,715

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. August 2004 (19.08.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/070195 A1(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F02M 61/16**,
F02D 41/20, 41/22, 41/14(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE2003/003660**(22) Internationales Anmeldedatum:
5. November 2003 (05.11.2003)(25) Einreichungssprache: **Deutsch**(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**(30) Angaben zur Priorität:
103 05 178.3 8. Februar 2003 (08.02.2003) **DE**(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]**; Postfach 30 02
20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **PANTRING, Juergen**
[DE/DE]; Im Wolfsgalgen 32, 71701 Schwieberdingen
(DE). **JOOS, Klaus [DE/DE]**; In der Eichhaelde 3, 74399
Walheim (DE).(74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**;
Postfach 30 03 30, 70442 Stuttgart (DE).(81) Bestimmungsstaaten (national): **JP, US.**(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

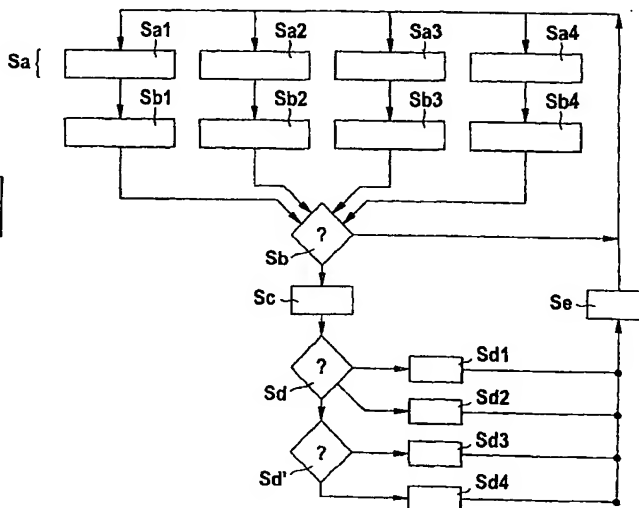
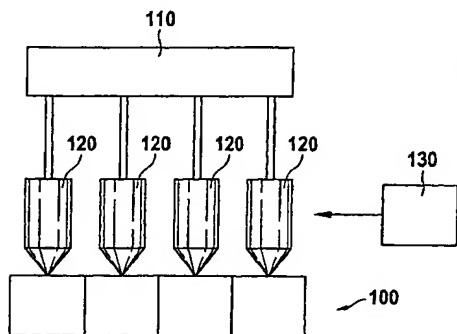
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR OPERATING AN INJECTION VALVE OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES EINSPRITZVENTILS EINER BRENNKRAFTMASCHINE



(57) Abstract: The invention relates to a method for operating an injection valve of an internal combustion engine, whereby fuel dosage is adjusted especially by a variation of the stroke of the injector pin of the injection valve. Generic methods and injection valves are generally known from the prior art. The aim of the invention is to provide a method which makes it possible to avoid an incomplete closure of the valve due to soiling (danger of a damage caused by a gasoline-filled crankcase) at operating states of the internal combustion engine where no complete stroke of the injector pin occurs over a prolonged period of time and the nozzle is therefore not sufficiently scavenged. According to the invention, the nozzle is scavenged with fuel when an open jamming operating state of the injector pin is detected.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine, wobei die Dosierung der Kraftstoffmenge insbesondere durch eine Variation des Hubs der Düsennadel des Einspritzventils einstellbar ist. Derartige Verfahren und Einspritzventile sind im Stand der Technik grundsätzlich bekannt. Zur Vermeidung der Gefahr eines unvollständigen Schließens aufgrund von Verschmutzung (Gefahr eines Benzinschlags)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/070195 A1



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

bei Betriebszuständen der Brennkraftmaschine, bei denen über längere Zeit kein Vollhub der Düsennadel und damit auch keine ausreichende Spülung der Düse durchgeführt wird, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, eine Spülung der Düse mit Kraftstoff dann durchzuführen, wenn ein offen klemmender Betriebszustand der Düsennadel erkannt wurde.

5

10 Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils einer
Brennkraftmaschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines
Einspritzventils einer Brennkraftmaschine, wobei die
Dosierung der Kraftstoffmenge insbesondere durch eine
15 Variation des Hubs der Düsennadel des Einspritzventils
einstellbar ist. Die Erfindung betrifft darüber hinaus ein
Computerprogramm und ein Steuergerät zur Durchführung des
Verfahrens sowie eine Brennkraftmaschine mit einem
derartigen Steuergerät.

20

Stand der Technik

Im Stand der Technik sind Hochdruckeinspritzventile für
eine Kraftstoffdirekteinspritzung bei Brennkraftmaschinen
25 grundsätzlich bekannt. Es sind insbesondere auch solche
Hochdruckeinspritzventile 300 wie in Figur 3 gezeigt
bekannt, bei denen die Dosierung der in die Brennkammern
der Brennkraftmaschine einzuspritzenden Kraftstoffmenge
nicht nur über die Öffnungsdauer des Ventils, sondern
30 insbesondere auch durch eine Variation des Hubs der
Düsennadel 330 möglich ist. Bei diesen Ventilen wird die
Düsennadel 330 zum Beispiel direkt mit Hilfe eines Piezo-
Aktuators 320 angesteuert. Derartige Ventile eignen sich
insbesondere zum Absetzen sehr kurzer Einspritzimpulse und

zum Absetzen von mehreren Einspritzimpulsen während eines Arbeitszyklusses, sogenannte Mehrfacheinspritzung, innerhalb eines sehr kurzen Zeitfensters. Ein Beispiel für eine bei einem derartigen Ventil verwendete Düse ist die
5 nach außen öffnende Düse, die sogenannte A-Düse.

Im Stand der Technik ist der Nadelhub bei den beschriebenen Einspritzventilen, die eine Variation des Düsennadelhubs gestatten, sowohl zu großen wie auch zu kleinen Werten hin
10 für den Ventilhub durch diverse Einschränkungen begrenzt:

So wird der Nadelhub zu großen Werten hin begrenzt durch

- 15 - die Möglichkeiten zur Realisierung einer geforderten kleinen Menge, weil die Düsenfläche und der Kraftstoffsystemdruck durch das verwendete Brennverfahren vorgegeben beziehungsweise nur begrenzt variabel sind;
- 20 - die Größe der einsetzbaren Piezoaktoren 320 und deren physikalische Eigenschaften wie zum Beispiel deren Hubvermögen, die von ihnen aufzubringenden Kräfte und ihr Beschleunigungsvermögen, et cetera; und durch
- die Leistungsfähigkeit der Steuergeräteendstufe (Verlustleistung, Bauraum).

25 Demgegenüber wird der Nadelhub für einen Nennbetrieb der Brennkraftmaschine, das heißt der Nennnadelhub zu kleinen Hubwerten hin, das heißt in Form eines Mindestnadelhubs, begrenzt durch

- 30
- die Gewährleistung einer ausreichenden Spülwirkung.

Durch diesen Mindestnadelhub soll sichergestellt werden, dass es bei einem Nennbetrieb der Brennkraftmaschine, bei

dem das Einspritzventil überwiegend mit dem Nennhub betrieben wird, nicht zu einem unvollständig schließenden beziehungsweise offen klemmenden Ventil durch Partikel in dem Querschnitt der Einspritzdüse kommt.

5

Die Gewährleistung einer ausreichenden Spülwirkung ist deswegen besonders wichtig, um die Gefahr eines Benzinschlags zu vermeiden. Ein Benzinschlag entsteht dann, wenn der Querschnitt des Einspritzventils durch

10 Schmutzpartikel blockiert ist, so dass das Einspritzventil nicht mehr vollständig geschlossen werden kann. Es kommt dann zu einer kontinuierlichen Förderung von Kraftstoff in den Zylinder, dessen Einspritzventil eingeklemmt ist. Da Kraftstoff als inkompressibles Medium angesehen werden
15 kann, kommt es zu einer Behinderung oder Blockierung der Kolbenbewegung, wenn die eingespritzte Kraftstoffmenge das Kompressionsvolumen des Zylinders übersteigt. Wenn gleichzeitig jedoch andere Zylinder der Brennkraftmaschine ordnungsgemäß arbeiten, werden von diesen über die
20 Pleuellwelle sehr große Kräfte auf das Pleuell und den Pleuell des blockierten Zylinders ausgeübt, was in der Regel zu irreparablen Motorschäden in Form insbesondere eines Bruchs des Pleuels und einer Beschädigung des Zylinders führt.

25 Wie oben ausgeführt, wird durch die Vorgabe des Mindestnadelhubs im Nennbetrieb der Brennkraftmaschine eine Verschmutzung der Düse durch Schmutzpartikel vermieden.

30 Diese Vorgabe des Mindestnadelhubs gilt jedoch nur für den Nennbetrieb der Brennkraftmaschine. Sie schließt nicht aus, dass zwischen einzelnen Einspritzimpulsen bzw. Hülen der Düsenadel das Einspritzventil auch zeitweise vollständig geschlossen sein muss. Dies gilt insbesondere für Betriebszustände mit geringem Kraftstoffbedarf, wie zum

Beispiel im Leerlauf, wenn über längere Zeitintervalle hinweg die Düsennadel nicht mit Vollhüben wie im Nennbetrieb, sondern lediglich mit Teilhüben angesteuert wird. Bei diesen Betriebszuständen der Brennkraftmaschine ist dann eine ausreichende Spülwirkung aufgrund der nur Teilhubansteuerung nicht mehr gewährleistet, was die Gefahr einer Verschmutzung der Einspritzdüse stark erhöht und deren Erkennung erschwert.

- Insbesondere im Leerlaufbetrieb kann auch ein großer zeitlicher Abstand zwischen zwei Einspritzzyklen eines Zylinders liegen. Dies hat zur Folge, dass für die Diagnose des unerwünschten offen klemmenden Betriebszustandes der Düsennadel nur relativ wenige Einspritzereignisse zur Verfügung stehen, was die Diagnose dieses Betriebszustandes insgesamt unsicherer macht.

- Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es die Aufgabe der Erfindung, bekannte Verfahren zum Betrieb eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine, bekannte Computerprogramme und Steuergeräte zur Durchführung dieses Verfahrens sowie bekannte Brennkraftmaschinen mit einem derartigen Steuergerät derart weiterzubilden, dass eine Verschmutzung der Düse des Einspritzventils durch Partikel und eine damit verbundene Gefahr eines Benzinschlags insbesondere auch in Betriebszuständen mit geringem Kraftstoffverbrauch leichter erkannt und vermieden wird.

- Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand des Patentanspruchs 1 gelöst. Demnach besteht die Lösung insbesondere darin, dass ein Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine, bei dem die Dosierung der Kraftstoffmenge neben der Variation der Einspritzzeit auch durch eine Variation des Hubs der Düsennadel des

Einspritzventils einstellbar ist, die folgenden Schritte umfasst:

- 5 a) Überwachen der Brennkraftmaschine auf ordnungsgemäße Funktionsweise;
- b) Erkennen eines offen klemmenden Betriebszustandes der Düsennadel des Einspritzventils, insbesondere aufgrund einer Verschmutzung, wobei die Düse des Einspritzventils durch die Düsennadel zwar nicht
10 mehr weiter verschließbar, wohl aber noch weiter zu öffnen ist; und
- c) Spülen der Düse mit Kraftstoff durch Einstellen eines im Wesentlichen maximalen Hubs der Düsennadel zum Beseitigen der Verschmutzung.
15

Vorteile der Erfindung

Vorteilhafterweise werden durch die bei einer derartigen Spülung wirkende große Kraftstoffmenge und den dann
20 wirkenden großen Druck Schmutzpartikel im Querschnitt des Einspritzventils weggespült. Die Düse ist dann wieder frei von Schmutzpartikeln und kann wieder vollständig geschlossen werden. Der Gefahr eines Benzinschlags wird damit entgegengewirkt. Durch die Spülung der Düse wird
25 außerdem das ursprüngliche Strahlbild der Düse wieder hergestellt, wenn es zuvor durch die Schmutzpartikel beeinträchtigt war. Die Wiederherstellung des Strahlbildes führt zu einer Verbesserung des Wirkungsgrades der Brennkraftmaschine.

30 Beispielfhafte Ausführungen für das Überwachen der Brennkraftmaschine auf ordnungsgemäße Funktionsweise und das Erkennen des offen klemmenden Betriebszustandes der Düsennadel sind Gegenstand der Unteransprüche 2 - 4.

Wichtig ist, dass die in diesen Ansprüchen vorgeschlagenen Ausführungsformen auch gleichzeitig durchgeführt werden können. Für das Erkennen eines offen klemmenden Betriebszustandes ist es dann ausreichend, wenn eine der in den Ansprüchen 2 - 4 für das Erkennen genannten Bedingungen erfüllt ist.

Es ist vorteilhaft, dass die bei Vollhub im Rahmen einer Spülung geförderte erhöhte Kraftstoffmenge durch eine Verringerung der Ansteuerdauer t_i kompensiert werden kann.

Wenn das Ventil in einer offenen Stellung klemmt, fließt kontinuierlich Kraftstoff in die Brennkammern der Brennkraftmaschine. Dies hat ein unerwünschtes großes Motordrehmoment zur Folge. Vorteilhafte Abhilfen für das Auftreten dieses unerwünschten Mehrmomentes sind Gegenstand der Unteransprüche 6 - 8.

Für den Abbau von Kraftstoffmengen und um Fehlauslösungen einer Spülung gemäß Schritt c) zu vermeiden, ist es vorteilhaft, wenn die Durchführung des Schrittes c) für eine vorbestimmte Zeitdauer gesperrt ist, bevor er wieder erneut freigegeben wird.

Die oben genannte Aufgabe wird weiterhin durch ein Computerprogramm und ein Steuergerät zur Durchführung des Verfahrens sowie durch eine Brennkraftmaschine mit einem derartigen Steuergerät gelöst. Die Vorteile für diese Lösungen entsprechen den oben mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren beschriebenen Vorteilen.

Zeichnungen

Die Erfindung wird nachfolgend in Form von verschiedenen

Ausführungsbeispielen detailliert und unter Bezugnahme auf die der Beschreibung beigefügten drei Figuren näher beschrieben, wobei

- 5 Figur 1 das Verfahren zum Betreiben eines
 Einspritzventils einer Brennkraftmaschine gemäß
 der Erfindung;
- 10 Figur 2 eine Brennkraftmaschine mit zugeordneter
 Ventileinspritzung gemäß der Erfindung; und
- Figur 3 ein Einspritzventil mit Variation des Hubs der
 Düsennadel gemäß dem Stand der Technik
- 15 zeigt.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung

20 Das Verfahren gemäß der Erfindung dient dazu, insbesondere
 während Betriebszuständen mit nur geringem
 Kraftstoffbedarf, wie zum Beispiel dem Leerlauf, eine
 Verschmutzung der Düse 310 des Einspritzventils 300 zu
 vermeiden.

25 Für diesen Zweck sieht das Verfahren gemäß einem Schritt
 Sa) eine Überwachung der Brennkraftmaschine auf
 ordnungsgemäße Funktionsweise hin vor. Diese Überwachung
 kann erfindungsgemäß auf viererlei Weise erfolgen.

30 Zum einen kann diese Überwachung darin bestehen, dass das
 Luft-Kraftstoffgemisch der Brennkraftmaschine auf eine
 Anfettung hin überwacht wird, siehe Verfahrensschritt Sa1.
 Eine Anfettung des Kraftstoffgemisches wird typischerweise
 durch eine Reduktion des Lambda-Wertes bei dem betreffenden

Zylinder festgestellt.

Eine zweite Möglichkeit der Überwachung der Brennkraftmaschine besteht darin, sie oder einzelne ihrer Zylinder auf Aussetzer hin zu überwachen, wie dies in Verfahrensschritt Sa2 vorgeschlagen wird. Dabei wird unter Aussetzer das Aussetzen einer Verbrennung während eines Zündzyklusses verstanden.

- 5
10
15
- Drittens kann die Überwachung der ordnungsgemäßen Funktionsweise der Brennkraftmaschine auch durch eine Überwachung des Druckes in einem der Brennkraftmaschine zugeordneten Kraftstoffspeicher 110 erfolgen. Wenn dieser Druck abfällt, ist ein ordnungsgemäßer Betrieb der Brennkraftmaschine gefährdet (Sa3).

- Schließlich besteht eine vierte Überwachungsmöglichkeit darin, einzelne Zylinder der Brennkraftmaschine auf Drehmomenterhöhungen oder auf
20 Drehmomentungleichförmigkeiten hin zu beobachten (Verfahrensschritt Sa4).

- Alle vier genannten Überwachungsmöglichkeiten gemäß der Verfahrensschritte Sa1, Sa2, Sa3 und Sa4 können entweder
25 nur alleine oder aber in beliebiger Kombination durchgeführt werden. In Anspielung auf die möglichen Kombinationen weisen einige Ansprüche die Formulierungen: "- gegebenenfalls zusätzlich -" und "- gegebenenfalls auch -" auf.

30

Die Überwachung der Brennkraftmaschine macht im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens nur dann Sinn, wenn die bei der Überwachung gewonnenen Erkenntnisse auch im Hinblick auf einen unerwünschten und zu erkennenden offen klemmenden

Betriebszustand der Düsennadel 330 des Einspritzventils 300 ausgewertet werden. Diese Auswertung richtet sich, wie in Figur 1 dargestellt, nach der zuvor in Schritt Sa) durchgeführten Überwachung der Brennkraftmaschine. So wird

5 gemäß einem Verfahrensschritt Sb1 für den Fall, dass das Kraftstoffgemisch der Brennkraftmaschine gemäß Verfahrensschritt Sa1 auf eine Anfettung hin untersucht wurde, ein offen klemmender Betriebszustand der Düsennadel dann festgestellt, wenn die Anfettung des

10 Kraftstoffgemisches größer als ein vorgebbarer Anfettungsschwellenwert ist oder wenn der Gradient der Anfettung größer als ein vorgebbarer Anfettungsgradientenschwellenwert ist. Gleichermaßen wird bei Überwachung der Brennkraftmaschine gemäß

15 Verfahrensschritt Sa2 auf Aussetzer hin ein offen klemmender Betriebszustand der Düsennadel gemäß Verfahrensschritt Sb2 dann erkannt, wenn die Anzahl der festgestellten Aussetzer eines Zylinders pro Zeiteinheit einen vorgegebenen Häufigkeitsschwellenwert übersteigt. Bei

20 Überwachung der Brennkraftmaschine gemäß Verfahrensschritt Sa3 wird auf einen Druckabfall im Kraftstoffspeicher 110 hin ein offen klemmender Betriebszustand der Düsennadel 330 gemäß Verfahrensschritt Sb3 dann erkannt, wenn der Druck in dem Kraftstoffspeicher 110 unter einen vorgebbaren

25 Druckschwellenwert sinkt oder wenn der zeitliche Verlauf des Druckes in dem Kraftstoffspeicher 110 um mehr als vorgebbare Drucktoleranzwerte von einem vorgebbaren Solldruckverlauf abweicht. Schließlich lassen, bei einer Überwachung der Brennkraftmaschine gemäß Verfahrensschritt

30 Sa4, bei Schichtbetrieb festgestellte Drehmomenterhöhungen oder -ungleichförmigkeiten auf ein nicht vollständig schließendes Ventil, das heißt auf einen offen klemmenden Betriebszustand der Düsennadel 330 schließen, wenn die festgestellten Drehmomenterhöhungen oder -

ungleichförmigkeiten einen vorgegebenen Schwellenwert überschreiten.

- 5 In Verfahrensschritt Sb gemäß Figur 1 wird dann überprüft, ob zumindest gemäß einem der Verfahrensschritte Sb1, Sb2, Sb3 oder Sb4 ein offen klemmender Betriebszustand der Düsennadel 330 erkannt wird. Wenn dem nicht so ist, wird die Überwachung gemäß Verfahrensschritt Sa) fortgesetzt. Wenn jedoch ein offen klemmender Betriebszustand der
- 10 Düsennadel 330 erkannt wird, das heißt wenn festgestellt wird, dass diese nicht mehr weiter verschließbar, wohl aber noch weiter zu öffnen ist, lässt dies auf eine Verschmutzung der Düse 310 durch Partikel schließen. Dieser Rückschluss ist insbesondere dann zulässig, wenn dieser
- 15 offen klemmende Betriebszustand nicht regelmäßig, sondern nur sehr temporär auftritt; dann kann eine unsauber gefertigte Oberfläche 310 der Düse als Ursache für den offen klemmenden Betriebszustand ausgeschlossen werden.
- 20 Für den Fall, dass in Verfahrensschritt Sb) eine Verschmutzung des Querschnitts der Düse 310 erkannt worden ist, sieht das erfindungsgemäße Verfahren vor, gemäß Verfahrensschritt Sc eine Spülung der Düse 310 mit Kraftstoff durchzuführen, wobei der Hub der Düsennadel 330
- 25 auf einen im Wesentlichen maximalen Wert eingestellt wird. Es fließt dann eine besonders große Kraftstoffmenge mit großem Druck durch die Düse des Einspritzventils, wodurch die unerwünschten Schmutzpartikel weggeschwemmt werden. Die Düse ist dann wieder frei von Schmutzpartikeln und lässt
- 30 sich wieder ordnungsgemäß schließen, was dann in einer ordnungsgemäßen Funktionsweise der Brennkraftmaschine resultiert.

Aufgrund der Einstellung des maximalen Hubs der Düsennadel

während des Spülvorganges in Verfahrensschritt Sc) (Spülhub) wird eine besonders große Kraftstoffmenge in die Brennkammer der Brennkraftmaschine 100 eingespeist. Diese Kraftstoffmenge kann durchaus wesentlich größer sein als
5 eine Nennkraftstoffmenge, wie sie im Nennbetrieb der Brennkraftmaschine benötigt wird. Diese Mehrmenge an Kraftstoff hat unter Umständen ein erhöhtes Drehmoment der Brennkraftmaschine zur Folge. Wenn dieses erhöhte Drehmoment nicht erwünscht ist, empfiehlt das
10 erfindungsgemäße Verfahren gemäß Figur 1 verschiedene Maßnahmen, um dem Auftreten dieses erhöhten Drehmomentes entgegenzuwirken.

Dafür muss zunächst in Verfahrensschritt Sd) festgestellt
15 werden, ob überhaupt ein erhöhtes Drehmoment vorliegt. Wenn dem so ist, besteht gemäß Verfahrensschritt Sd1) eine erste Möglichkeit, das Drehmoment der Brennkraftmaschine konstant zu halten, darin, während der Durchführung der Spülung gemäß Verfahrensschritt Sc) die Ansteuerdauer t_i , während
20 derer der maximale Düsenadelhub eingestellt ist, so weit zu verringern, dass die durch das Einspritzventil in die Brennkammer der Brennkraftmaschine 100 eingespritzte Kraftstoffmenge einen vorgegebenen Kraftstoffmittelwert nicht überschreitet. Alternativ dazu besteht eine zweite
25 Möglichkeit, das Drehmoment der Brennkraftmaschine konstant zu halten, gemäß einem Verfahrensschritt Sd2) darin, dass während der Durchführung der Spülung gemäß Verfahrensschritt c) künstlich ein Aussetzer bei der Zündung desjenigen Zylinders erzeugt wird, bei dem der
30 unerwünschte offen klemmende Betriebszustand der Düsenadel 330 festgestellt wurde. Dieser Aussetzer kann künstlich dadurch erzeugt werden, dass der Zündzeitpunkt so lange hinausgezögert wird, bis das Luft-Kraftstoff-Gemisch nicht mehr entflammbar ist beziehungsweise der

Hochdruckwirkungsgrad der Verbrennung minimal ist.

5 Zwei weitere Maßnahmen, um das Drehmoment der Brennkraftmaschine konstant zu halten, hängen von der Betriebsart der Brennkraftmaschine ab.

10 Wenn in einem Verfahrensschritt Sd') festgestellt wird, dass die Brennkraftmaschine 100 in einem sogenannten Homogenbetrieb arbeitet, das heißt, dass es zu geringen Drehmomenterhöhungen entsprechend der Lambda-Wirkungsgradkurve kommt, besteht die Möglichkeit, das Drehmoment der Brennkraftmaschine dadurch konstant zu halten, dass während der Spülung die Zündzeitpunkte so weit verzögert werden, dass der Zündwinkelwirkungsgrad gemäß
15 folgender Formel angepasst wird (Verfahrensschritt Sd3):

$$\eta_{zw} = (M_{d_soll} / M_{i_opt}) \cdot (1/\eta_{\lambda}),$$

mit $\eta_{\lambda} = f(\lambda)$, $\lambda = r_l / r_{k_soll}$; und

$$r_{k_soll} = f(\text{Spülhub})$$

20 wobei

η_{zw} den Zündwinkelwirkungsgrad;

M_{d_soll} den Sollwert für das Motordrehmoment bzw. für die Brennkraftmaschine (100);

25 M_{i_opt} das optimale Motordrehmoment beziehungsweise optimale Drehmoment der Brennkraftmaschine (100);

η_{λ} den λ -Wirkungsgrad;

r_l die Luftmasse; und

rk_soll den Sollwert für die Kraftstoffmasse repräsentiert.

Wird jedoch in Verfahrensschritt Sd' festgestellt, dass die Brennkraftmaschine 100 in einem sogenannten Schichtbetrieb betrieben wird, dann bedeutet dies, dass generell ein Luftüberschuss besteht. Dies hat zur Folge, dass geringe bis große Drehmomenterhöhungen je nach aktuellem Betriebspunkt auf der Lambda-Wirkungskurve erzeugt werden, vorausgesetzt, dass das Gemisch entflammbar ist. Im Fall des Schichtbetriebes lässt sich das Drehmoment dadurch konstant halten, dass vor oder nach der Spülung gemäß Verfahrensschritt Sc) zumindest einzelne Einspritzimpulse, die normalerweise während eines Mehrfacheinspritzzyklusses vorgesehen sind, nicht mehr durchgeführt werden.

Wird die Brennkraftmaschine im Schichtbetrieb betrieben und wird ein offen klemmendes Einspritzventil erkannt, so sollte in den Homogenbetrieb gewechselt werden, da in diesem eine Drehmomentbegrenzung durch Begrenzung der zugeführten Luftmasse erfolgen kann.

Alle gemäß der Verfahrensschritte Sd1), Sd2), Sd3) und Sd4) aufgezeigten Ansätze bewirken eine Begrenzung der den Brennkammern der Brennkraftmaschine 100 zugeführten Kraftstoffmenge, obwohl das Einspritzventil bei Betrieb mit Spülhub maximal geöffnet ist.

Unabhängig davon, welche Variante zur Konstanthaltung des Drehmomentes verwendet wird, empfiehlt es sich, nach einer durchgeführten Spülung eine Pause von vorbestimmter Zeitdauer einzulegen, bevor eine erneute Spülung durchgeführt werden kann; siehe Schritt Se). Auf diese Weise werden Fehlauflösungen des erfindungsgemäßen

Verfahrens und insbesondere der Spülung gemäß Schritt Sc) vermieden.

5

10 Ansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine (100), wobei die Dosierung der Kraftstoffmenge neben einer Variation der Einspritzzeit
15 auch durch eine Variation des Hubs der Düsennadel des Einspritzventils (120) einstellbar ist, umfassend die folgenden Schritte:

a) Überwachen der Brennkraftmaschine (100) auf ordnungsgemäße Funktionsweise (Sa);

20 b) Erkennen eines offenen klemmenden Betriebszustandes der Düsennadel des Einspritzventils (120), insbesondere aufgrund einer Verschmutzung, wobei die Düse des Einspritzventils (120) durch die Düsennadel zwar
25 nicht mehr weiter verschließbar, wohl aber noch weiter zu öffnen ist (Sb); und

c) Durchführen einer Spülung der Düse mit Kraftstoff durch Einstellen eines im Wesentlichen maximalen Hubes der Düsennadel zum Beseitigen der
30 Verschmutzung (Sc).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt a) die Brennkraftmaschine (100) auf eine

Anfettung hin überwacht wird (Sa1) und dass in Schritt b) der offen klemmende Betriebszustand dann erkannt wird, wenn die Anfettung größer als ein vorgebbarer Anfettungsschwellenwert oder der Gradient der Anfettung größer als ein vorgebbarer Anfettungsgradientenschwellenwert ist (Sb1).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt a) - gegebenenfalls zusätzlich - die Brennkraftmaschine (100) oder ein einzelner Zylinder der Brennkraftmaschine (100) auf Aussetzer hin überwacht wird (Sa2) und dass in Schritt b) der offen klemmende Betriebszustand - gegebenenfalls auch - dann erkannt wird, wenn die Anzahl der festgestellten Aussetzer eines Zylinders pro Zeiteinheit einen vorgegebenen Häufigkeitsschwellenwert übersteigt (Sb2).

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt a) - gegebenenfalls zusätzlich - der Druck in einem der Brennkraftmaschine (100) zugeordneten Kraftstoffspeicher (110) überwacht wird (Sa3) und dass in Schritt b) der offen klemmende Betriebszustand - gegebenenfalls auch - dann erkannt wird, wenn der Druck in dem Kraftstoffspeicher (110) unter einen vorgebbaren Druckschwellenwert sinkt oder wenn der zeitliche Verlauf des Druckes in dem Kraftstoffspeicher (110) um mehr als vorgebbare Drucktoleranzwerte von einem vorgebbaren Solldruckverlauf abweicht (Sb3).

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass während der Durchführung der Spülung gemäß Schritt c) die Ansteuerdauer t_i , während derer der maximale Düsennadelhub eingestellt ist, so weit verringert wird, dass die durch das Einspritzventil (120) in die Brennkammer der Brennkraftmaschine (100)

eingespritzte Kraftstoffmenge einen vorgegebenen Kraftstoffmittelwert nicht überschreitet (Sd1).

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, dass während der Durchführung der Spülung gemäß Schritt c) künstlich ein Aussetzer der Verbrennung bei demjenigen Zylinder erzeugt wird, bei dem der offenklemmende Betriebszustand der Düsennadel festgestellt wurde, indem der Zündzeitpunkt für diesen Zylinder so lange hinausgezögert wird, bis das Luft-Kraftstoffgemisch in der Brennkammer nicht mehr entflammbar bzw. der Hochdruckwirkungsgrad der Verbrennung minimal ist (Sd2).

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, dass - wenn die Brennkraftmaschine (100) in einem Homogenbetrieb arbeitet - während der Spülung gemäß Schritt c) die Zündzeitpunkte so weit verzögert werden, dass der Zündwinkelwirkungsgrad gemäß folgender Formel angepasst wird (Sd3):

$$\text{eta_zw} = (\text{Md_soll} / \text{Mi_opt}) \cdot (1/\text{eta_lam}),$$

$$\text{eta_lam} = f(\text{lambda}), \text{ lambda} = \text{rl} / \text{rk_soll}; \text{ und}$$

$$\text{rk_soll} = f(\text{Spülhub})$$

wobei

eta_zw den Zündwinkelwirkungsgrad;

Md_soll den Sollwert für das Motordrehmoment bzw. für die Brennkraftmaschine (100);

Mi_opt das optimale Motordrehmoment beziehungsweise optimale Drehmoment der Brennkraftmaschine (100);

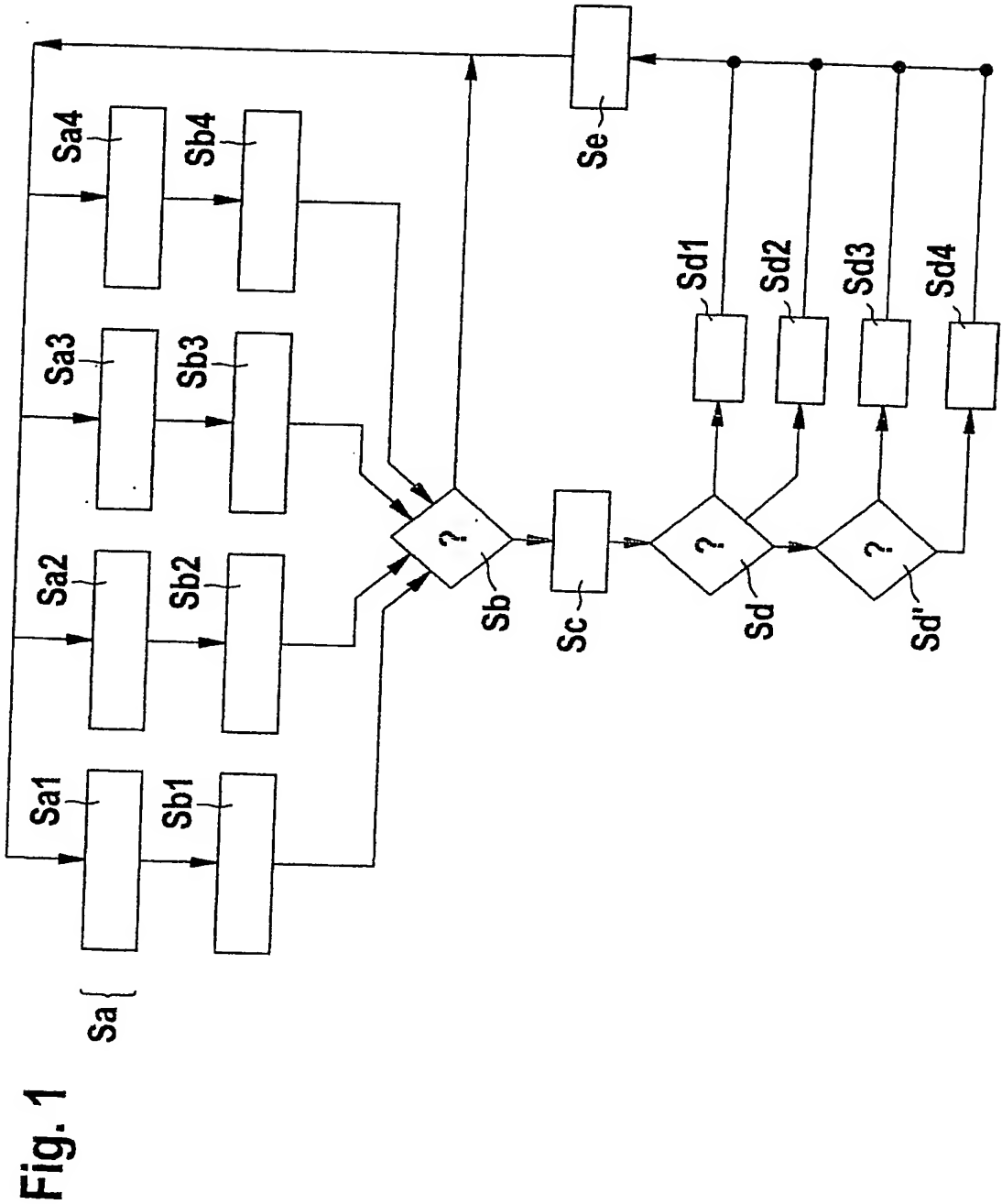
eta_lam den λ -Wirkungsgrad;

rl die Luftmasse; und
rk_soll den Sollwert für die Kraftstoffmasse
repräsentiert.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch
5 gekennzeichnet, dass - wenn die Brennkraftmaschine (100) im
Schichtbetrieb arbeitet - vor oder nach der Spülung gemäß
Schritt c) zumindest einzelne von grundsätzlich mehreren
während desselben Mehrfach-Einspritzzyklusses vorgesehenen
Einspritzmengen nicht mehr durchgeführt werden (Sd4).
- 10 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 8, dadurch
gekennzeichnet, dass der maximale Hub der Düsennadel gemäß
Schritt c) nur für jeweils einen Zylinder der
Brennkraftmaschine (100) und auch nur für wenige
Einspritzvorgänge eingestellt wird.
- 15 10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet,
dass die Durchführung des Schrittes c) für eine
vorbestimmbare Zeitdauer gesperrt wird, bevor er wieder
erneut freigeschaltet wird (Se).
- 20 11. Computerprogramm für ein Steuergerät (130) einer
Brennkraftmaschine (100) mit Programmcode, der dazu
geeignet ist, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 10
durchzuführen, wenn er auf einem Computer oder
Mikroprozessor abläuft.
- 25 12. Computerprogramm nach Anspruch 11, dadurch
gekennzeichnet, dass der Programmcode auf einem
computerlesbaren Datenträger gespeichert ist.
13. Steuergerät (130) zur Ansteuerung eines
Einspritzventils (120) einer Brennkraftmaschine (100),
wobei das Einspritzventil (120) so ausgebildet ist, dass

eine Dosierung der von ihm zugeführten Kraftstoffmenge in die Brennkammern der Brennkraftmaschine (100) durch eine Variation des Hubs der Düsennadel des Einspritzventils (120) möglich ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit Hilfe
5 des Steuergerätes (130) ein offener klemmender Betriebszustand der Düsennadel des Einspritzventils (120), insbesondere aufgrund einer Verschmutzung der Düse, erkennbar ist und in diesem Fall ein im Wesentlichen maximaler Hub der Düsennadel durch das Steuergerät (130)
10 einstellbar ist zum Spülen der Düse mit Kraftstoff.

14. Brennkraftmaschine (100) mit einem Einspritzventil (120) zur Kraftstoffeinspritzung, wobei das Einspritzventil (120) so ausgebildet ist, dass es eine Dosierung der von ihm in die Brennkammern der Brennkraftmaschine (100)
15 zugeführten Kraftstoffmenge durch eine Variation des Hubs der Düsennadel des Einspritzventils (120) ermöglicht, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Brennkraftmaschine (100) ein Steuergerät (130) zugeordnet ist, mit dessen Hilfe ein offener klemmender Betriebszustand der Düsennadel des
20 Einspritzventils (120), insbesondere aufgrund einer Verschmutzung, erkennbar ist und mit dessen Hilfe in diesem Fall ein im Wesentlichen maximaler Hub der Düsennadel zum Spülen der Düse mit Kraftstoff einstellbar ist.



2 / 2

Fig. 2

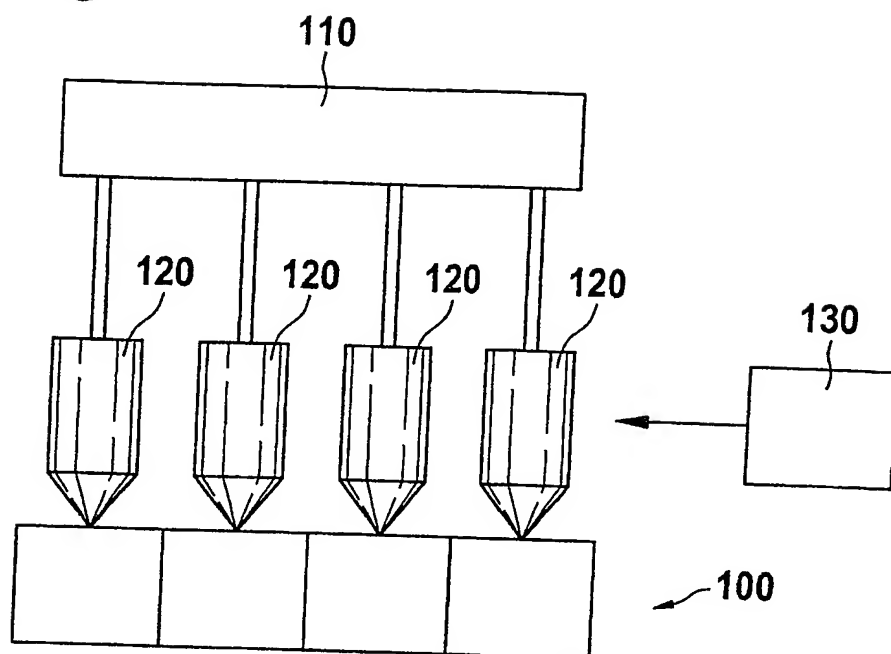
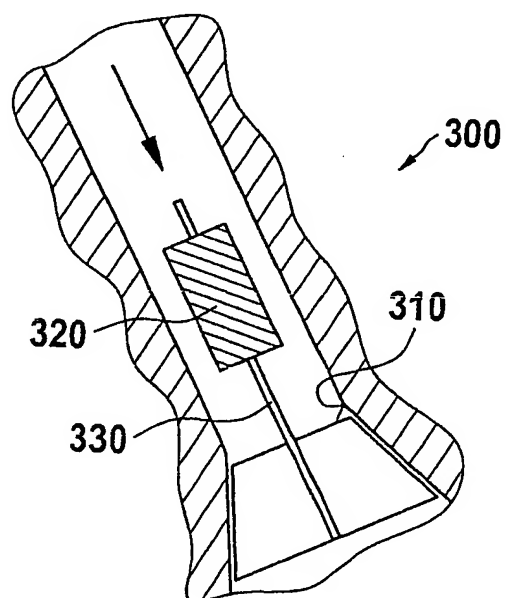


Fig. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/03660

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F02M61/16 F02D41/20 F02D41/22 F02D41/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 F02M F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	FR 2 762 358 A (PEUGEOT) 23 October 1998 (1998-10-23) abstract; figure 3	1,3,9, 11,13,14
Y	DE 101 23 218 A (BOSCH GMBH ROBERT) 14 November 2002 (2002-11-14) abstract; figure 1	1,3,9, 11,13,14
A	EP 1 205 657 A (FIAT RICERCHE) 15 May 2002 (2002-05-15) abstract; figures 1,2	1,11,13, 14
A	DE 196 26 690 A (BOSCH GMBH ROBERT) 8 January 1998 (1998-01-08) abstract; figures 1-3	1,11,13, 14
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 March 2004

Date of mailing of the international search report

07/04/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Boye, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/03660

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 118 761 A (FIAT RICERCHE) 25 July 2001 (2001-07-25) abstract; figures 1,3 -----	1
A	EP 0 860 600 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 26 August 1998 (1998-08-26) abstract; figures 1,3,5 -----	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 04, 30 April 1999 (1999-04-30) & JP 11 013502 A (TOYOTA MOTOR CORP), 19 January 1999 (1999-01-19) abstract -----	1

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2762358	A	23-10-1998	FR 2762358 A1	23-10-1998
DE 10123218	A	14-11-2002	DE 10123218 A1	14-11-2002
			WO 02092996 A1	21-11-2002
			US 2004046138 A1	11-03-2004
EP 1205657	A	15-05-2002	IT T020001070 A1	14-05-2002
			EP 1205657 A2	15-05-2002
			JP 2002206451 A	26-07-2002
			US 2002112528 A1	22-08-2002
DE 19626690	A	08-01-1998	DE 19626690 A1	08-01-1998
EP 1118761	A	25-07-2001	IT T020000045 A1	18-07-2001
			EP 1118761 A2	25-07-2001
			US 2001025626 A1	04-10-2001
EP 0860600	A	26-08-1998	JP 10238392 A	08-09-1998
			JP 10238391 A	08-09-1998
			DE 69818119 D1	23-10-2003
			EP 0860600 A2	26-08-1998
JP 11013502	A	19-01-1999	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/03660

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 F02M61/16 F02D41/20 F02D41/22 F02D41/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02M F02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Belr. Anspruch Nr.
Y	FR 2 762 358 A (PEUGEOT) 23. Oktober 1998 (1998-10-23) Zusammenfassung; Abbildung 3	1,3,9, 11,13,14
Y	DE 101 23 218 A (BOSCH GMBH ROBERT) 14. November 2002 (2002-11-14) Zusammenfassung; Abbildung 1	1,3,9, 11,13,14
A	EP 1 205 657 A (FIAT RICERCHÉ) 15. Mai 2002 (2002-05-15) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2	1,11,13, 14
A	DE 196 26 690 A (BOSCH GMBH ROBERT) 8. Januar 1998 (1998-01-08) Zusammenfassung; Abbildungen 1-3	1,11,13, 14
	-/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

31. März 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

07/04/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Boye, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/03660

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 118 761 A (FIAT RICERCHE) 25. Juli 2001 (2001-07-25) Zusammenfassung; Abbildungen 1,3 -----	1
A	EP 0 860 600 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 26. August 1998 (1998-08-26) Zusammenfassung; Abbildungen 1,3,5 -----	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1999, Nr. 04, 30. April 1999 (1999-04-30) & JP 11 013502 A (TOYOTA MOTOR CORP), 19. Januar 1999 (1999-01-19) Zusammenfassung -----	1

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
FR 2762358	A	23-10-1998	FR	2762358 A1	23-10-1998
DE 10123218	A	14-11-2002	DE	10123218 A1	14-11-2002
			WO	02092996 A1	21-11-2002
			US	2004046138 A1	11-03-2004
EP 1205657	A	15-05-2002	IT	T020001070 A1	14-05-2002
			EP	1205657 A2	15-05-2002
			JP	2002206451 A	26-07-2002
			US	2002112528 A1	22-08-2002
DE 19626690	A	08-01-1998	DE	19626690 A1	08-01-1998
EP 1118761	A	25-07-2001	IT	T020000045 A1	18-07-2001
			EP	1118761 A2	25-07-2001
			US	2001025626 A1	04-10-2001
EP 0860600	A	26-08-1998	JP	10238392 A	08-09-1998
			JP	10238391 A	08-09-1998
			DE	69818119 D1	23-10-2003
			EP	0860600 A2	26-08-1998
JP 11013502	A	19-01-1999	KEINE		